

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

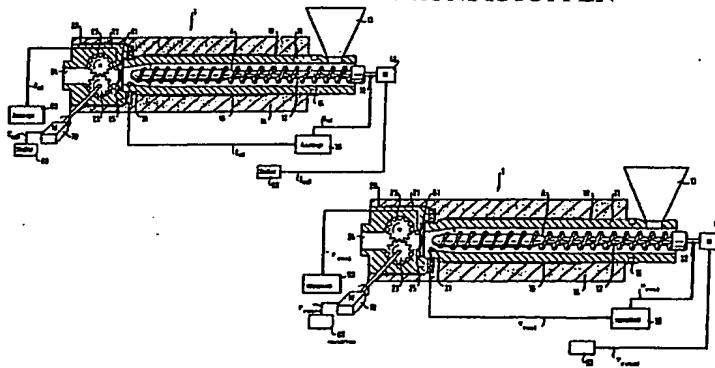
<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>5</sup> :  B29C 47/92, 47/50</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 90/14939 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. Dezember 1990 (13.12.90)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP90/00643 (22) Internationales Anmeldedatum: 21. April 1990 (21.04.90) (30) Prioritätsdaten: P 39 17 523.5 30. Mai 1989 (30.05.89) DE (71)(72) Anmelder und Erfinder: BECK, Erich [DE/DE]; Beethovenstraße 18, D-6748 Bad Bergzabern (DE). (74) Anwalt: KONLE, Tilmar; Benderstrasse 23a, D-8000 München 60 (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent)*, DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.</p>		<p>Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>

(54) Title: DEVICE FOR PROCESSING THERMOPLASTIC SYNTHETIC MATERIALS.

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM VERARBEITEN VON THERMOPLASTISCHEN KUNSTSTOFFEN

(57) Abstract

To obtain the adjustment of the temperature of a plasticised synthetic material with the least possible inertia and a simultaneous constant throughput, a combination of a gently acting extrusion worm (12) and a gear-type force-pump (20) downstream thereof is proposed. The rotation speeds of the extrusion worm (12) and the pump (20) may be adjusted mutually independently. Owing to its gentle conveying characteristic, the conveying effect and hence the specific power conversion of the worm depends very considerably upon the driving speed. Thus the worm pressure cycle over the entire revolution range remains at a low level beneath the maximum permissible pump pressure. The temperature of the compound at the worm outlet therefore follows the rotation speed and use is made of the speed adjustment to regulate the temperature. The throughput is governed by the rotation speed of the force pump so that this operating parameter may be controlled by adjusting the pump speed. A density/slip-page compensation system prevents any throughput instability with changing compound temperature.



(57) Zusammenfassung

Zur möglichst trägheitslosen Einstellung der Temperatur einer plastifizierten Kunststoffmasse bei gleichzeitiger Konstanz des Durchsatzes wird eine Kombination aus einer förderweichen Extruderschnecke (12) und einer nachgeschalteten, fördersteifen Zahnradpumpe (20) vorgeschlagen. Die Drehzahlen von Extruderschnecke (12) und Pumpe (20) sind unabhängig voneinander einstellbar. Infolge ihrer förderweichen Charakteristik hängt der Förderwirkungsgrad und damit der spezifische Energieumsatz der Schnecke sehr stark von der Antriebsdrehzahl ab. Der Schneckendruckaufbau über den gesamten Drehzahlbereich bleibt dabei auf niedrigem Niveau unterhalb des zulässigen maximalen Pumpenvordrucks. Die Massetemperatur am Schneckenausgang folgt damit der Drehzahl, was zur Temperatureinstellung über Drehzahlverstellung ausgenutzt wird. Der Durchsatz folgt der Drehzahl der fördersteifen Pumpe, so daß sich diese Betriebsgröße durch Verstellen der Pumpendrehzahl einstellen läßt. Eine Dichte/Schlupfkomensation verhindert eine Durchsatzinstabilität bei veränderlicher Massetemperatur.

### BENENNUNGEN VON "DE"

Bis auf weiteres hat jede Benennung von "DE" in einer internationalen Anmeldung, deren internationaler Anmeldetag vor dem 3. Oktober 1990 liegt, Wirkung im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland mit Ausnahme des Gebietes der früheren DDR.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	MG	Madagaskar
AU	Australien	FI	Finnland	ML	Mali
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BJ	Benin	HU	Ungarn	RO	Rumänien
BR	Brasilien	IT	Italien	SD	Sudan
CA	Kanada	JP	Japan	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SU	Soviet Union
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TC	Togo
DE	Deutschland, Bundesrepublik	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DK	Dänemark	MC	Monaco		

- 1 -

VORRICHTUNG ZUM VERARBEITEN VON THERMO-  
PLASTISCHEN KUNSTSTOFFEN

BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine derartige Vorrichtung ist aus der Zeitschrift "Kunststoffe", Heft 3, 1988, Aufsatz "Verbessertes Plastifiziersystem mit integrierter Zahnradpumpe" von G. Menges bekannt.

Bei Schneckenextrudern wird die Temperatur der plastifizierten Kunststoffmasse (Massetemperatur) im wesentlichen von der Knet-Energie bestimmt, welche von der Schnecke aufgebracht wird. Da die Knet-Energie proportional zur Schneckendrehzahl ist, besteht zwischen Massetemperatur und Schneckendrehzahl ein gesetzmäßiger Zusammenhang. Um einen möglichst hohen Förderwirkungsgrad zu erreichen, wird ferner bei Schneckenextrudern ein möglichst geringes Spiel zwischen Schnecke und Schneckenzyylinder angestrebt, so daß die Schneckendrehzahl nicht nur die Massetemperatur, sondern auch den Massedurchsatz und Massedruck bestimmt. Da der Massedruck durch keine anderen Maßnahmen als durch die Schneckendrehzahl beeinflußt werden kann, werden Schneckenextruder in der Regel so betrieben, daß für einen gewünschten Massedruck die betreffende Schneckendrehzahl eingestellt wird. Da für diese Schneckendrehzahl die zugehörige Massetemperatur meist nicht paßt, wird das Extrudergehäuse von außen her fremdgekühlt, gelegentlich auch geheizt (DE-B-3 623 679), was indessen eine äußerst träge, erst nach einem längeren Einfahrvorgang wirksame Regelung darstellt und eine relativ ungenaue Einstellung der Massetemperatur erlaubt. Durchsatz- und Temperaturungenauigkeiten führen wiederum zu Dickenschwankungen des Extrudates.

- 2 -

1

5

Für einen variablen Betrieb mit varriierenden Werkzeug-einstellungen bzw. unterschiedlichen Foliendicken und damit wechselnden Massedurchsätzen sind derart lange Temperatureinregelzeiten hinderlich und teuer wegen der Ausschußproduktion.

10

15

20

25

30

35

Die genannten Unzulänglichkeiten treffen auch bei einer Kunststoffverarbeitungsvorrichtung nach dem eingangs genannten Aufsatz von G. Menges in der Zeitschrift "Kunststoffe" zu, bei welcher einem Schneckenextruder vorstehender Bauart eine Zahnradpumpe nachgeschaltet ist, um den Durchsatz der plastifizierten Kunststoffmasse und den Massedruck am Werkzeugeingang besser konstant halten zu können. Die Drehzahlen der fördersteifen Zahnradpumpe und des ebenfalls relativ fördersteifen Schneckenextruders sind durch entsprechende Regelung starr miteinander gekoppelt, wobei die Regelgröße der Massedruck am Pumpeneingang ist. Da bereits geringe Förderschwankungen des Schneckenextruders zu starken Vordruckschwankungen an der Pumpe führen, muß die Schneckendrehzahl nachgeführt werden, um den zulässigen Pumpenvordruck nicht zu überschreiten. Die Masstemperatur ändert sich wegen der fördersteifen (= spielfreien bzw. schlupffreien) Charakteristik des Schneckenextruders entsprechend den Regellein-griffsänderungen der Schneckendrehzahl, was zur Folge hat, daß die so verursachten Temperaturschwankungen über eine Schneckenzyylinderheizung und -kühlung kompensiert werden sollen. Die bereits beschriebenen Nachteile einer trägen und nicht zielsicheren Masstemperatureinstellung sind daher auch bei dieser bekannten Vorrichtung vorhanden.

Die Aufgabe der Erfindung besteht demgegenüber darin, bei einer Vorrichtung der eingangs erwähnten Art eine

- 3 -

1

5

möglichst trägheitslose Einstellung und Stabilisierung der Massetemperatur für konstanten Durchsatz und Masse-  
druck am Eingang des am Extrusionswerkzeugs zu er-  
zielen.

10

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnen-  
den Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

15

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der  
erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den  
Unteransprüchen.

20

25

30

35

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, nicht nur  
die Druckerzeugung (wie bei der Vorrichtung nach Menges),  
sondern auch den Durchsatz von der Schneckendrehzahl voll-  
ständig zu entkoppeln, um so den zusätzlichen Freiheits-  
grad zu haben, die Schmelzetemperatur und die Homogenität  
der Kunststoffmasse durch Drehzahländerungen der Extruder-  
schnecke einzustellen, und zwar bei einer für die Er-  
zeugung von Qualitätsprodukten erforderlichen Durchsatz-  
konstanz. Dies gelingt im Sinne einer trägheitslosen  
Einstellung und Stabilisierung der Massetemperatur durch  
die Kombination eines förderweichen Schneckenextruders  
oder einer anderen, rührwerksähnlichen Förder- und Auf-  
schmelzeinrichtung mit förderweicher Charakteristik mit  
einer fördersteifen Pumpe, z. B. Zahnradpumpe, mit nahe-  
zu linearem Drehzahl/Durchsatz-Verhältnis. Der förder-  
weiche Schneckenextruder erzeugt über seinen Betriebs-  
drehzahlbereich unabhängig von Durchsatz einen Maximal-  
druck, der den zulässigen Pumpenvordruck nicht über-  
schreitet oder zumindest in weiten Drehzahlbereichen  
innerhalb des zulässigen Pumpenvordrucks bleibt. Die  
fördersteife Pumpe sorgt dafür, daß bei wirtschaftlich  
vertretbaren Durchsätzen die notwendigen Massedrucke

-4-

1

im Werkzeug auch bei niedrigem Temperaturniveau erreicht werden. Der volumetrische Förderwirkungsgrad des förderweichen Schneckenextruders ändert sich bei der genannten Betriebsweise über den gesamten Leistungsbereich sehr stark, was bewußt für die erfindungsgemäßen Zwecke ausgenutzt wird, um die MassetemperaturEinstellung ausschließlich durch Änderung der Schneckendrehzahl zu bewirken.

5

10

Dies setzt voraus, daß die Extruderschnecke bekannter Bauart soweit verändert wird, daß sie die Betriebscharakteristik eines kontinuierlichen Rührwerks (Schlupfläufer mit geringer Druckerzeugung) annimmt und der Schmelze- bzw. Massedurchsatz durch die nachgeschaltete fördersteife Schmelzpumpe exakt einstellbar ist. Diese Veränderung der Extruderschnecke erfolgt durch eine starke Vergrößerung des Schneckenspiels, wodurch der Schmelze- und Homogenisiermechanismus nicht mehr im wesentlichen durch die transversale Schneckenkanalströmung, sondern durch mehrmaliges Überströmen der Schneckenstege oder Mischelemente bewirkt wird. Die Förderwirksamkeit wird dadurch so stark abgesenkt, daß der Schneckendruckaufbau über den gesamten Drehzahlbereich auf niedrigem, dem zulässigen Vordruck der Schmelzpumpe entsprechendem Niveau bleibt. Die Minstdrehzahl des förderweichen Schneckenextruders ist gegeben durch den Minstdruck, der zur vollständigen Füllung der fördersteifen Schmelzpumpe erforderlich ist. Bei diesem unteren Grenzdruck kann die minimale Massetemperatur erreicht werden. Durch Drehzahlsteigerung bis zum oberen Grenzwert (=zulässiger maximaler Pumpenvordruck) bei gleichbleibendem Durchsatz erreicht die Massetemperatur ihren maximalen Einstellwert.

15

20

25

30

35

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

-5-

1

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Verarbeiten von thermoplastischen Kunststoffen, bestehend aus einem förderweichen Schneckenextruder und einer nachgeschalteten fördersteifen Zahnradpumpe, und

5

Fig. 2 ein Diagramm für den Verlauf der Massetemperatur in Abhängigkeit von der Drehzahl des Schneckenextruders gemäß Fig. 1 für vier verschiedene Durchsatzwerte.

10

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung 1 verarbeitet thermoplastische Kunststoffe, wie beispielsweise LDPE (= low density polyethylene bzw. Polyäthylen niedriger Dichte) oder HDPE (= high density polyethylene bzw. Polyäthylen hoher Dichte). Diese Kunststoffe werden in rieselfähiger Gestalt, insbesondere als Granulat, einem Aufgabetrichter 13 der Vorrichtung 1 zugeführt, wo sie aufgeschmolzen (plastifiziert) und einem nicht dargestellten Werkzeug mit definiertem Durchsatz und konstantem Masse-

15

20

25

30

35

Die Vorrichtung 1 umfaßt im dargestellten Beispielsfalle einen Schneckenextruder 10, welchem eine Zahnradpumpe 20 nachgeschaltet ist. Der Schneckenextruder 10 besteht im wesentlichen aus einem Extrudergehäuse (Schnecken- zylinder) 11 mit darin gelagerter Extruderschnecke 12, die im gezeigten Ausführungsbeispiel zwei Schnecken- gänge aufweist. Die Schneckenstege weisen zu der Innen- wand des Extrudergehäuses 11 ein großes Spiel auf. Im Bereich A weist die Extruderschnecke eine Kurzkompressions- zone auf, auf welche an anderer Stelle noch näher einge-

-6-

1

5

gangen wird. Infolge des großen Spiels zeigt die Extruderschnecke 12 eine förderweiche Charakteristik, wie bereits an anderer Stelle ausführlich erläutert wurde.

10

Am Ende des Schneckenextruders 10 ist im dargestellten Beispielsfall die Zahnradpumpe 20 angeflanscht, welche eine fördersteife Charakteristik hat. Sowohl der Schneckenextruder 10 als auch die Zahnradpumpe 20 sind von einer Mantelisolierung 14 umgeben, um möglichst wenig umgesetzte Wärme nach außen an die Umgebung abzuführen.

15

20

Zur Vorheizung des Extrudergehäuses 11 und der Zahnradpumpe 20 vor Betriebsbeginn sind auf den jeweiligen Außenflächen der Gehäuse Heizmanschetten 16 bzw. 21 aufgebracht, welche mit einem nicht gezeigten Temperaturregelkreis verbunden sind, um das Gehäuse 11 auf die gewünschte Betriebstemperatur vorzuheizen. Ferner befindet sich am Extrudergehäuse 11 unmittelbar am Einlauf ein Kühlring 15, um einen Rückfluß von Schmelze in den Einlaufbereich der Extruderschnecke 12 zu verhindern.

25

30

Die Zahnradpumpe 20 weist zwei gegenläufig rotierende, miteinander kämmende Förderzahnräder 22, 23 auf, wobei sich die Zahnräder 22, 23 in Verlängerung der Drehachse der Extruderschnecke 12 treffen. Dementsprechend stellt der Förderkanal 24 der Pumpe 20 die unmittelbare Verlängerung der Innenbohrung des Extrudergehäuses 11 dar. Am Übergang zwischen Extrudergehäuse 11 und Zahnradpumpe 20 befindet sich vor dem Förderkanal 24 ein Schutzsieb 25, welches den Eintritt von Fremdkörpern in die Pumpe 20 verhindert.

35

Am Ausgang der Innenbohrung des Extrudergehäuses 11 ist ein Temperaturmeßfühler 31 angebracht, um die momentane



- 7 -

1

Temperatur der plastifizierten und homogenisierten Kunststoffmasse beim Austritt aus dem Schneckenextruder 10 als elektrisches Signal zu erfassen und auf einer Anzeige 30 anzuzeigen. Der Anzeige 30 wird ferner die momentane Drehzahl  $U_{ist}$  der Extruderschnecke 12 über einen Tachogenerator 32 zugeführt. Über einen Steller 50 wird die Drehzahl des Antriebsmotors 40 der Extruderschnecke 12 solange verstellt, bis auf der Anzeige 30 die gewünschte Massetemperatur angezeigt wird.

10

Am Ausgang des Förderkanals 24 der Zahnradpumpe 20 ist ein Druckmeßfühler 61 angebracht, um den Massedruck beim Eintritt in die Pumpe 20 als Maß für den Durchsatz zu erfassen. Das Meßsignal  $P_{ist}$  für den momentanen Massedruck wird einer Anzeige 60 zugeleitet. Über einen Steller 80 wird die Drehzahl des Antriebsmotors 70 der Zahnradpumpe 20 solange verstellt, bis auf der Anzeige 60 der gewünschte Massedruck bzw. Durchsatz angezeigt wird.

15

20

Anhand des Diagramms nach Fig. 2 soll erläutert werden, daß die Stabilisierung der Massetemperatur autostatisch im Gleichgewicht zwischen mechanischen Antriebsleistung und Enthalpiezuwachs der Schmelze erfolgt. Das Diagramm nach Fig. 2 wurde bei einer Vorrichtung gemäß Fig. 1 mit einem Schneckendurchmesser von 40 mm für Polyäthylen niedriger Dichte (LDPE) mit einem Schmelzindex Mfi (melt flow index) von 0,7 für vier unterschiedliche Durchsatzleistungen 30 kg/h, 40 kg/h, 50 kg/h und 60 kg/h aufgenommen. Bei einem Durchsatz von z. B. 50 kg/h wurde über einen Schneckendrehzahlbereich von 380 bis 530 Upm ein Massetemperaturbereich von 167 bis 189 °C durchfahren. Der dazugehörige Pumpenvordruck (Massedruck am Eingang der Zahnradpumpe 20) lag dabei zwischen 20 und 100 bar.

25

30

35

- 8 -

1  
Da der Schneckenextruder 10 quasi-adiabatisch betrieben  
wird, ist die Drehzahl/Temperaturreaktion praktisch träg-  
5 heitslos. Die auftretenden Druckschwankungen zwischen  
Schneckenextruder 10 und Zahnradpumpe 20 betragen im  
praktischen Produktionsbetrieb nur wenige bar. Infolge  
der Entkopplung von Schnecken- und Pumpendrehzahl lassen  
sich Energieumsatz (Temperatur) und Durchsatz unabhängig  
10 voneinander einstellen. Da das Energieumsatzgeschehen  
im Schneckenextruder 10 von innen nach außen abläuft,  
wäre eine Temperaturführung des Extrudergehäuses durch  
Heizungsregelung nur störend. Durch die möglichst gute  
Isolierung von Extruderschnecke 10 und Zahnradpumpe 20  
15 wird neben der Schaffung eines quasi-adiabatischen Systems  
der weitere Vorteil eines verringerten Energieverlustes  
nutzbar gemacht.

20 Die Einstellung der Temperatur erfolgt in der Weise,  
daß zunächst der gewünschte Durchsatz durch Vorgabe der  
Pumpendrehzahl (Steller 80; Fig. 1) eingestellt wird  
(Pfeil A im Diagramm für 60 kg/h gemäß Fig. 2). Die Masse-  
temperaturfestsetzung erfolgt durch Einstellung der Ex-  
truderdrehzahl entsprechend der Temperaturvorgabe am  
25 Steller 50 (Pfeil B über Punkt C in Fig. 2, bei dem der  
Mindestdruck zur Befüllung der Zahnradpumpe 20 und die  
Mindesttemperatur von 168 °C herrschen). Durch weitere  
Steigerung der Schneckendrehzahl bis Punkt D wird die  
gewünschte Temperatur von 182 °C erreicht. Da die Tem-  
peraturmessung unmittelbar am Schneckenende erfolgt (Meß-  
30 fühlere 31), verläuft die Drehzahl/Temperatur-Reaktion  
(entsprechend dem Zusammenhang zwischen mechanischen  
Energieumsatz und Enthalpie-Zuwachs) praktisch trägheits-  
los.

- 9 -

1

Die Stabilisierung der eingestellten Temperatur ergibt sich indirekt über die Viskosität der Kunststoffmasse in der Weise, daß jede Abweichung der dem jeweiligen Betriebszustand entsprechenden Viskosität und der mit ihr korrespondierenden Massetemperatur eine Änderung der Leistungsaufnahme der Extruderschnecke und damit eine entsprechende Änderung der in der Masse erzeugten Wärme zur Folge hat, welche die genannte Abweichung wieder rückgängig macht. Die Extruderschnecke 12 arbeitet hierbei als eine Art "Viskositätsfühler". Bei einem einmal eingestellten Betriebszustand besteht ein fester Zusammenhang Viskosität/Schneckenumfangsgeschwindigkeit/Massetemperatur. Solange ein in relativ engen Grenzen gleichmäßiger thermoplastischer Kunststoff entsprechend heutigem Herstellerstandard eingespeist wird, bedeutet gleiche Viskosität bei gleicher Schergeschwindigkeit auch gleiche Temperatur. Erfahrungsgemäß bewegen sich die Temperaturabweichungen bei den heute üblichen Typrohstoffen um 1 °C. Eine bewußt herbeigeführte Viskositätsänderung, z. B. durch einen Wechsel des Materials LDPE von Mfi 0,3 auf Mfi 1,5 führt innerhalb von Sekunden zu einer Temperaturabsenkung auf einen, den geänderten Bedingungen entsprechenden Wert. Eine gewünschte Änderung der sich selbst einstellenden Temperatur kann nunmehr auf gleiche Weise durch Neufestsetzung der Schneckendrehzahl herbeigeführt werden.

Erfahrungsgemäß funktioniert die geschilderte Temperaturstabilisierung auch für Mischungen, z. B. aus LDPE und HDPE, sowie für andere thermoplastische Kunststoffe mit ähnlich unterschiedlichen Mfi-Werten. Dies ist damit zu erklären, daß die Extruderschnecke 12 mit einem Drehmoment belastet wird, das sich aus der Mischviskosität, der Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Auslauftemperatur für die LDPE-Komponente und der Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Auslauftemperatur für die HDPE-Komponente ergibt.

- 10 -

1

5

10

15

20

25

30

35

Die Rückrechnung aus Antriebsleistung und Schneckendrehzahl ergab beispielsweise für eine Temperaturdifferenz von 20 °C zwischen Einlauf-temperatur (160 °C) und Auslauf-temperatur (180 °C) bei LDEP einen Mischviskositäts-wert von etwa dem 10-Fachen der Schmelzeviskosität am Schneckenausgang. Kommen hingegen Kunststoffmischungen mit nicht gleichmäßigem Regenerat oder Regenerate mit verschiedenen Mfi-Werten zur Verarbeitung, dann erkennt man an den auftretenden Massetemperaturschwankungen die Unterschiede in den Mfi-Werten. Indessen kann im Falle der Herstellung von Blasfolien trotz Schwankungen des Mfi-Wertes die Blasenstabilität und damit die Produkt-qualität durch den geschilderten Stabilisierungsmechanismus mit Viskositätskonstanz in engeren Grenzen gehalten werden als dies der Fall wäre, wenn eine Massetemperaturstabilität mit starken Viskositätsänderungen einherginge.

Selbstverständlich ist auch bei Schmelzepumpen die Änderung der Dichte mit der Massetemperatur und damit des Durchsatzes zu berücksichtigen. Diese Durchsatzabweichung bei konstanter Pumpendrehzahl kann aber über die Schlupf-änderung kompensiert werden durch eine sich selbst einstellende Änderung des Differenzdrucks zwischen Ein- und Ausgang der Pumpe. Wird z. B. die Massetemperatur gemäß Fig. 2 von 168 °C auf 182 °C durch Änderung der Schneckendrehzahl von 425 U/min auf 520 U/min erhöht (Pfeil B), so vermindert sich die Dichte und damit der Durchsatz um (gemessene) 1,4 %. Die gleichzeitig der Pumpenvordruck (Fülldruck) von 20 bar auf 70 bar ansteigt und Viskositätsabnahme vermindert wird, reduziert sich der Pumpendruckdifferenz und damit der Schlupfwert. Eine nahezu vollständige Kompensation kann durch geeignete Auswahl der Schneckenschlupfmaße erreicht werden.

- 14 -

1

Die vorstehend im Zusammenhang mit Fig. 1 erwähnte Ver-  
wendung einer Kurzkompressionszone am Schneckenanfang  
5 hat den Zweck, die Verweilzeitspektren in der Feststoff-  
und in der Schmelzphase dadurch einzuengen, daß die  
Phasentrennung auf den Umfang einer mehrgängigen Schnecke  
verlegt wird. Gegenüber einer Phasentrennung mit Trenn-  
linie entlang des Schneckenganges ist das Verweilzeit-  
10 spektrum bei einer Phasentrennung auf dem Schneckenumfang  
wesentlich schmaler. Diese Einengung des Verweilspektrums  
geht einher mit einer äußerst gleichmäßigen Umwandlung  
des aufgegebenen Kunststoffmaterials von der Fest- in  
die Flüssigphase.

15

20

25

30

35

- 12 -

## PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zum Verarbeiten von thermoplastischen Kunststoffen, mit

- einer Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) für granulatförmiges Kunststoffmaterial, und

- einer von der Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) mit plastifizierter Kunststoffmasse gespeisten, fördersteifen Pumpe (20), deren Durchsatz/Drehzahl-Verhältnis im wesentlichen proportional verläuft, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl der Pumpe (20) von der Antriebsdrehzahl der Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) entkoppelt ist und entsprechend dem gewünschten Durchsatz der Kunststoffverarbeitungsvorrichtung (1) einstellbar ist, daß die Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) förderweich ausgebildet ist, derart, daß sich ihr volumetrischer Förderwirkungsgrad über den Drehzahlbereich stark ändert, daß die Zufuhr von granulatförmigem Kunststoffmaterial derart erfolgt, daß die förderweiche Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) im gesamten Drehzahlbereich vollständig

- 13 -

1

gefüllt ist und soviel Kunststoffmasse fördert, daß der  
Mindestfülldruck der Pumpe (20) erreicht ist, daß der  
5 Maximaldruck der förderweichen Förder- und Aufschmelzein-  
richtung (10) zumindest in weiten Drehzahlbereichen unter-  
halb des gewünschten Vordrucks der fördersteifen Pumpe  
(20) gehalten wird, und daß die Temperatur der plastifi-  
zierten Kunststoffmasse durch entsprechende Wahl der Dreh-  
10 zahl der Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) einstell-  
bar ist, wobei der eingestellte Betriebspunkt der Förder-  
und Aufschmelzeinrichtung (10) dem Gleichgewichtszustand  
zwischen eingetriebener mechanischer Leistung und der  
Summe aus Enthalpiezuwachs der Kunststoffmasse und Verlust-  
15 leistung entspricht und selbststabilisiert ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) gegenüber  
der Umgebung wärmeisoliert ausgebildet ist.

20

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß bei Verwendung eines Schneckenextruders  
als Förder- und Aufschmelzeinrichtung (10) ein stark ver-  
größertes Spiel zwischen dem Außendurchmesser der Schnecke  
25 (12) und dem Innendurchmesser des Extrudergehäuses (12)  
vorgesehen ist, derart, daß die Schmelz- und Homogenisier-  
wirkung im wesentlichen durch mehrmaliges Überströmen  
der Schneckenstege und nur in geringem Maße durch die  
transversale Schneckenkanalströmung erzielt und die Förder-  
30 wirksamkeit so stark abgesenkt wird, daß der Schnecken-  
druckaufbau über den gesamten Drehzahlbereich auf niedrigem  
Niveau bleibt.

35

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung eines Schnecken-  
extruders mit mehrgängiger Schnecke als Förder- und Auf-

-14-

1

schmelzeinrichtung (10) eine Kurzkompressionszone am  
Schneckenanfang vorgesehen ist.

5

10

15

20

25

30

35



Fig. 1

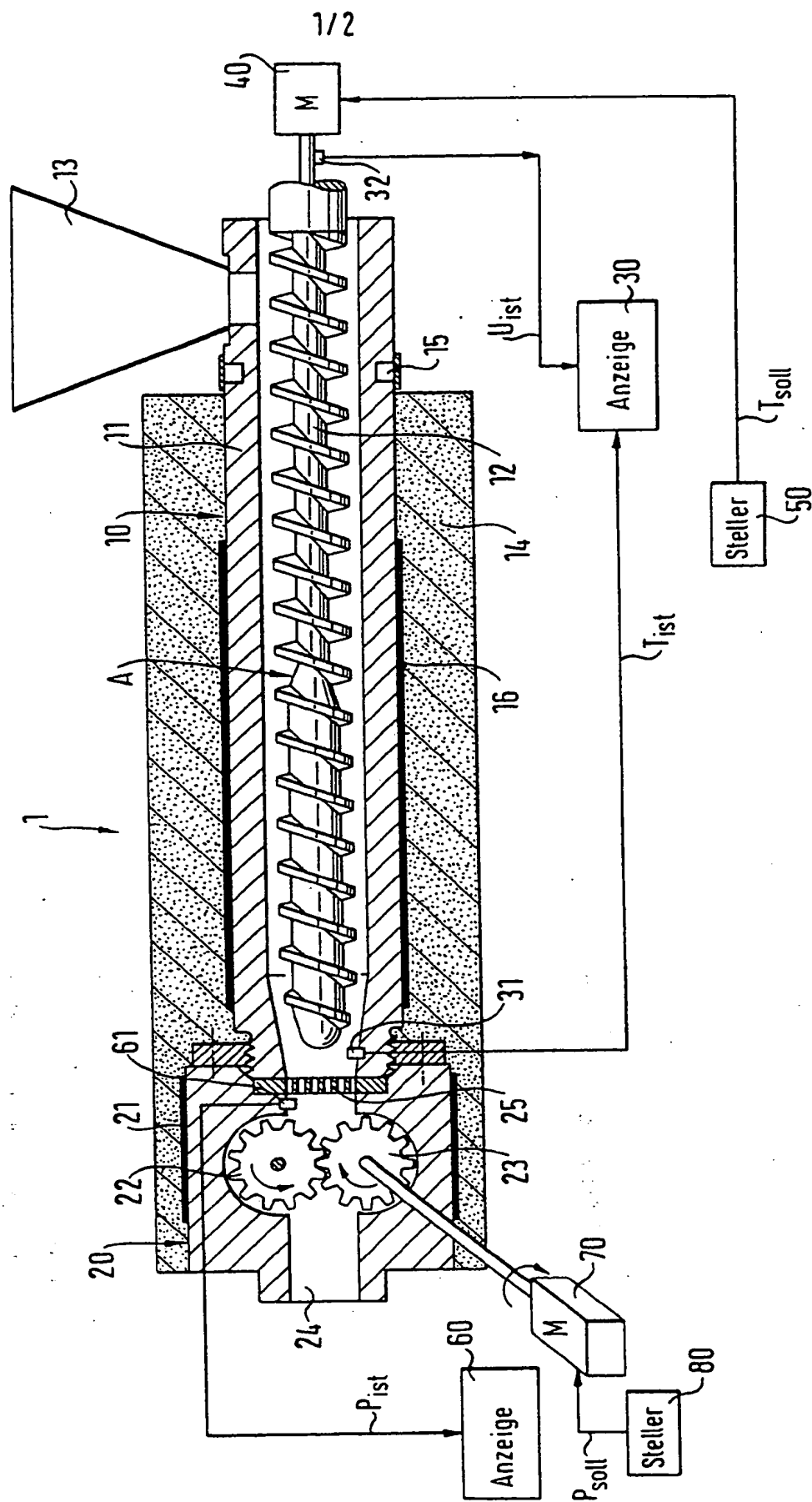
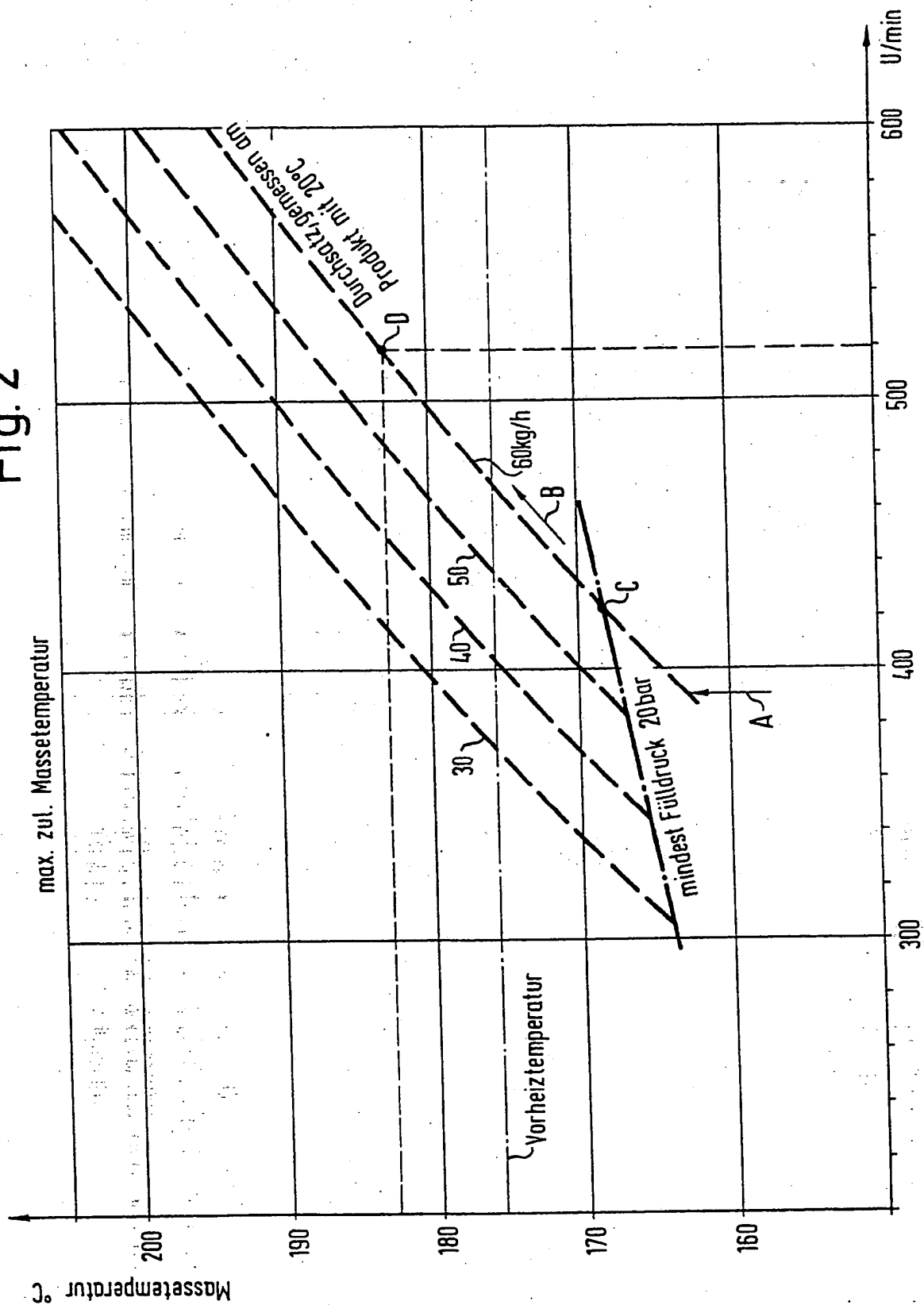


Fig. 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/EP 90/00643

<b>I. CLASSIFICATION F SUBJECT MATTER</b> (If several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. <sup>5</sup> : B 29 C 47/92, B 29 C 47/50		
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. <sup>5</sup> :	B 29 C	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup>		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <sup>9</sup></b>		
Category <sup>*</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
X	US, A, 4721589 (H.E. HARRIS) 26 January 1988 see claim ; figures	1,3
Y	--	2,4
Y	DD, A, 93020 (F. ENDLER) 5 October 1972 see page 27, line 20 - page 28, line 7; figures 1,2	2
Y	--	4
Y	EP, A, 0051543 (UNION CARBIDE CORP.) 12 May 1982 see claim 1; figures 1,2	4
X	--	1,3
X	WO, A, 89/03754 (B. NILSSON) 5 May 1989 see claims 1,2,5; page 3, lines 19-23; page 5, lines 15-20	1,3
A	--	1
A	FR, A, 2601283 (WERNER & PFLEIDERER GmbH) 15 January 1988 see abstract (cited in the application)	1
--		
./.		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><sup>*</sup> Special categories of cited documents: <sup>10</sup></p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the International filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
26 June 1990 (26.06.90)		19 July 1990 (19.07.90)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
European Patent Office		

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)		
Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	Kunststoffe, vol. 78, No. 3, 1988, Carl Hanser publisher, (München, DE), G. Menges et al.: "Verbessertes Plastifiziersystem mit integrierter Zahnradschmelzepumpe", pages 261-268, see the whole article (cited in the application)	1-3
A	FR, A, 2375979 (REIFENHAUSER KG) 28 July 1978 see claim; figure 1	1
A	EP, A, 0014125 (EMS INDUSTRIE) 6 August 1980 see claim; figures 1,5	1,3,4
A	DD, A, 88676 (F. ENDLER) 12 March 1972 see claim 1; figure 1	1,2
A	DE, A, 3642757 (BARMAG AG) 16 July 1987, see abstract	1
A	DE, A, 3833776 (BARMAG AG) 20 April 1989, see abstract	1
	.....	

# ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

EP 9000643  
SA 36033

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.  
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 09/07/90  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 471589		None	
DD-A- 93020		None	
EP-A- 0051543	12-05-82	US-A- 4350657 AU-B- 543326 AU-A- 7691481 CA-A- 1161233 JP-A, B, C 57108490	21-09-82 18-04-85 13-05-82 31-01-84 06-07-82
WO-A- 8903754	05-05-89	SE-A- 8704203	08-02-89
FR-A- 2601283	15-01-88	DE-A, C 3623679 JP-A- 63021125 US-A- 4804505	28-01-88 28-01-88 14-02-89
FR-A- 2375979	28-07-78	DE-A- 2700003 AT-B- 368946 GB-A- 1581450 US-A- 4171193	06-07-78 25-11-82 17-12-80 16-10-79
EP-A- 0014125	06-08-80	FR-A- 2446706 JP-A- 55117618	14-08-80 10-09-80
DD-A- 88676		None	
DE-A- 3642757	16-07-87	None	
DE-A- 3833776	20-04-89	None	

EPO FORM P0479

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP 90/00643

<b>I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS</b> (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) <sup>6</sup>		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Cl. <sup>5</sup> B 29 C 47/92, B 29 C 47/50		
<b>II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff <sup>7</sup>		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Cl. <sup>5</sup>	B 29 C	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen <sup>8</sup>		
<b>III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN<sup>9</sup></b>		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup>	Betr. Anspruch Nr. <sup>13</sup>
X	US, A, 4721589 (H.E. HARRIS) 26. Januar 1988 siehe Ansprüche; Figuren	1, 3
Y	--	2, 4
Y	DD, A, 93020 (F. ENDLER) 5. Oktober 1972 siehe Seite 27, Zeile 20 - Seite 28, Zeile 7; Figuren 1, 2	2
Y	EP, A, 0051543 (UNION CARBIDE CORP.) 12. Mai 1982 siehe Anspruch 1; Figuren 1, 2	4
--		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen<sup>10</sup>:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
<b>IV. BESCHEINIGUNG</b>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
26. Juni 1990		19. 07. 90
Internationale Recherchenbehörde		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten
Europäisches Patentamt		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">M. PEIS</div> <span style="font-family: cursive; font-size: 1.2em; margin-left: 20px;">M. Peis</span>

III.EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO, A, 89/03754 (B. NILSSON) 5. Mai 1989 siehe Ansprüche 1,2,5; Seite 3, Zeilen 19-23; Seite 5, Zeilen 15-20 --	1,3
A	FR, A, 2601283 (WERNER & PFLEIDERER GmbH) 15. Januar 1988 siehe Zusammenfassung (in der Anmeldung erwähnt) --	1
A	Kunststoffe, Band 78, Nr. 3, 1988, Carl Hanser Verlag, (München, DE), G. Menges et al.: "Verbessertes Plastifiziersystem mit integrierter Zahnradmelzpumpe", Seiten 261-268, siehe den ganzen Artikel (in der Anmeldung erwähnt) --	1,3
A	FR, A, 2375979 (REIFENHAUSER KG) 28. Juli 1978 siehe Ansprüche; Figur 1 --	1
A	EP, A, 0014125 (EMS INDUSTRIE) 6. August 1980 siehe Ansprüche; Figuren 1,5 --	1,3,4
A	DD, A, 88676 (F. ENDLER) 12. März 1972 siehe Anspruch 1; Figur 1 --	1,2
A	DE, A, 3642757 (BARMAG AG) 16. Juli 1987 siehe Zusammenfassung --	1
A	DE, A, 3833776 (BARMAG AG) 20. April 1989 siehe Zusammenfassung -----	1

# ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

EP 9000643  
SA 36033

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 09/07/90  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A- 471589		Keine	
DD-A- 93020		Keine	
EP-A- 0051543	12-05-82	US-A- 4350657 AU-B- 543326 AU-A- 7691481 CA-A- 1161233 JP-A, B, C 57108490	21-09-82 18-04-85 13-05-82 31-01-84 06-07-82
WO-A- 8903754	05-05-89	SE-A- 8704203	08-02-89
FR-A- 2601283	15-01-88	DE-A, C 3623679 JP-A- 63021125 US-A- 4804505	28-01-88 28-01-88 14-02-89
FR-A- 2375979	28-07-78	DE-A- 2700003 AT-B- 368946 GB-A- 1581450 US-A- 4171193	06-07-78 25-11-82 17-12-80 16-10-79
EP-A- 0014125	06-08-80	FR-A- 2446706 JP-A- 55117618	14-08-80 10-09-80
DD-A- 88676		Keine	
DE-A- 3642757	16-07-87	Keine	
DE-A- 3833776	20-04-89	Keine	

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

EPO FORM P0473